ГУАП

Кафедра №3.

Отчёт
Защищён с оценкой

Преподаватель

Доцент, к.ф.-м.н.	[подпись] - 24.10.17	Ю.А. Новикова
должность, уч. степень, звание	подпись, дата	инициалы, фамилия

Отчёт о лабораторной работе №1.

Определение электрического сопротивления

по курсу: Общая Физика

Работу выполнила
студентка группа 7761 ВЦ 13.09.2017г. [подпись] Е.Я. Лысова

Санкт-Петербург
2017

Протокол

К лабораторной работе №1

«Определение электрического сопротивления»

Выполнила: студент группа 7761 ВЦ   дата 12.09. [подпись]

Ласева С.Я.

Преподаватель: [подпись] 12.09.17   Новикова Ю.Я.

Технические характеристики приборов

$\Theta = \frac{K \cdot \text{пред.изм}}{100}$ $\Theta = \frac{1}{2}$ ц.д. (К нет)

Таблица 1.

Название прибора	Цена деления	Предел измерения	Класс точности (К)	Систем. погреш. (Θ)
Вольтметр	0,05 В	1,5 В	1,5	0,02 В
Миллиамперметр	5 мА	250 мА	1,5	3,75 мА = 0,00375 А = = 4 мА
Линейка	0,1 см	51 см	—	0,05 см

Результаты измерений

Схема А   Таблица 2.

N п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,18
I, мА	64	74	84	95	106	129	149	170	190	241

$l = 39,8$ см

Схема В   Таблица 3.

N п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,09
I, мА	64	79	90	100	112	137	156	176	200	243

I. Цель работы

- ознакомление с методикой обработки результатов измерений;
- определение электрического сопротивления провода;
- экспериментальная проверка закона Ома;
- определение удельного сопротивления нихрома;
- сравнение двух электрических схем.

II. Описание лабораторной установки

Рабочая установка содержит измерительную часть, включающую вольтметр, миллиамперметр и стойку с нанесённой метрической шкалой. На стойке смонтированы два неподвижных кронштейна, между которыми натянут исследуемый провод, и третий подвижный кронштейн с контактным зажимом. На подвижном кронштейне нанесена риска, облегчающая определение длины исследуемого провода.

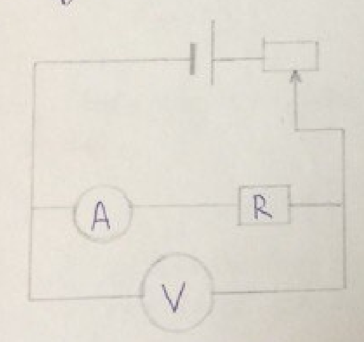


Рисунок 2.2 А

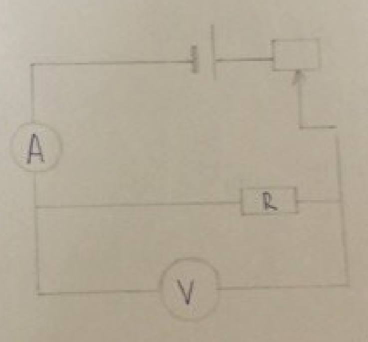


Рисунок 2.2 В

Параметры установки

Прибор	Тип	цена деления	класс точности	предел измерения	систематические погрешности	внутреннее сопротивление
Вольтметр	МК-2	0,05 В	1,5	1,5 В	0,02 В	2500 Ом
Миллиамперметр	МК-2	5 мА	1,5	250 мА	0,004 А	0,2 Ом
линейка	—	1 мм	—	51 см	0,002 м	—

III. Рабочие формулы

Вычисление электрического сопротивления

Закон Ома $R = \frac{U}{I}$, (3.1)

для схемы А $R = \frac{U}{I} - R_A$, (3.2)

для схемы В $R = \left(\frac{I}{U} - \frac{1}{R_V}\right)^{-1}$, (3.3)

В этих формулах R - электрическое сопротивление проводника, U - падение напряжения на проводнике, R_A - сопротивление амперметра, R_V - сопротивление вольтметра.

$$R_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i}{n} , \quad (3.4)$$

где $R_{ср}$ - среднее значение сопротивления, n - число измерений.

$$\rho = \frac{R_{ср} \pi D^2}{4l} , \quad (3.5)$$

где ρ - удельное сопротивление металла, l - длина провода, D - диаметр провода.

IV. Результаты измерений и вычислений

Схема А

Таблица 4.1.

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,16
I, А	0,064	0,074	0,084	0,095	0,106	0,129	0,149	0,17	0,19	0,241
U/I, Ом	4,69	4,73	4,77	4,74	4,72	4,66	4,7	4,71	4,74	4,81
R, Ом	4,49	4,54	4,57	4,54	4,52	4,46	4,5	4,51	4,54	4,61
θ_{R_A}	0,6	0,5	0,45	0,4	0,35	0,29	0,25	0,22	0,2	0,16

Схема В

Таблица 4.

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,09
I, А	0,064	0,079	0,09	0,1	0,112	0,137	0,156	0,176	0,2	0,243
U/I, Ом	4,69	4,43	4,44	4,5	4,46	4,38	4,49	4,55	4,5	4,49
R, Ом	4,49	4,23	4,24	4,3	4,26	4,18	4,29	4,35	4,3	4,29
Θ_R, Ом	0,59	0,45	0,4	0,4	0,32	0,26	0,24	0,2	0,18	0,15

$R_{ср} = 4,41$ Ом, $\rho = 0,31 \cdot 10^{-6}$ Ом·м

V. Примеры вычислений

для таблицы 4.1 сх. А

По формуле 3.1. $R = \frac{U}{I} = \frac{0,3}{0,064} = 4,69$ (Ом)

По формуле 3.2 $R = \frac{U}{I} - R_A = \frac{0,3}{0,064} - 0,2 = 4,49$ (Ом)

для таблицы 4.2 сх. В

По формуле 3.1. $R = \frac{U}{I} = \frac{0,3}{0,064} = 4,69$ (Ом)

По формуле 3.2. $R = \left(\frac{I}{U} - \frac{1}{R_V}\right)^{-1} = \left(\frac{0,064}{0,3} - \frac{1}{2500}\right)^{-1} = (0,2133 - 0,004)^{-1} = \frac{1}{0,2129} = 4,7$ (Ом)

По формуле 3.4. $R_{ср} = \frac{4,49 + 4,59 + 4,57 + 4,54 + 4,52 + 4,46 + 4,5 + 4,51 + 4,54 + 4,61 + 4,49 + 4,23 + 4,24 + 4,3 + 4,26 + 4,18 + 4,29 + 4,35 + 4,3 + 4,29}{20} = \frac{88,2}{20} = 4,41$ (Ом)

По формуле 3.5. $\rho = \frac{4{,}41 \cdot 3{,}14 (0{,}36 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot 3{,}98} = \frac{4{,}99 \cdot 10^{-6}}{15{,}92} =$

$= 0{,}313 \cdot 10^{-6}$ Ом·м

VI. Вычисление погрешностей

6.1. Систематические погрешности

6.1.1. $\Theta_I = \frac{I_m K_I}{100} = \frac{0{,}25 \cdot 1{,}5}{100} = 3{,}75 \cdot 10^{-3} \approx 0{,}004$ (А)

6.1.2. $\Theta_U = \frac{U_m K_U}{100} = \frac{1{,}5 \cdot 1{,}5}{100} = 0{,}0225 \approx 0{,}02$ (В)

6.1.3. $\Theta_\ell = 2 \cdot 10^{-3}$ (м)

6.1.4. $\Theta_D = 0{,}5 \cdot 10^{-5}$ (м)

6.1.5. Вывод формулы для систематической погрешности косвенного измерения электрического сопротивления

$$R = R(U, I) = \frac{U}{I}; \Rightarrow \Theta_R = R\left(\frac{\Theta_U}{U} + \frac{\Theta_I}{I}\right).$$

Вычисление по выведенной формуле:

$$\Theta_{R_1} = R_1\left(\frac{\Theta_U}{U_1} + \frac{\Theta_I}{I_1}\right) = 4{,}49 \cdot \left(\frac{0{,}02}{0{,}3} + \frac{0{,}004}{0{,}064}\right) = 4{,}49 \cdot$$

$$(0{,}07 + 0{,}0625) = 0{,}6 \text{ (Ом)}$$

$$\Theta_{R_{10}} = R_{10}\left(\frac{\Theta_U}{U_{10}} + \frac{\Theta_I}{I_{10}}\right) = 4{,}61 \cdot \left(\frac{0{,}02}{1{,}16} + \frac{0{,}004}{0{,}241}\right) = 4{,}61 \cdot$$

$$\cdot (0{,}018 + 0{,}0165) = 0{,}16 \text{ (Ом)}$$

В качестве систематической погрешности итогового результата берём значение, полученное при самом большом токе $\Theta_{R_{ср}} = 0{,}16$ Ом

6.1.6. Вывод формулы для систематической погрешности удельного сопротивления металла

$$\rho = \frac{R_{ср} \pi D^2}{4\ell}; \ \rho = \rho(R_{ср}, \ell, D); \ \Theta_\rho = \rho\left(\frac{\Theta_R}{R} + \frac{\Theta_\ell}{\ell} + 2\frac{\Theta_D}{D}\right).$$

Вычисление по выведенной формуле:

$$\Theta_\rho = \rho\left(\frac{\Theta_R}{R} + \frac{\Theta_l}{l} + 2\frac{\Theta_D}{D}\right) = 0{,}31 \cdot 10^{-6}(0{,}07 + 0{,}004 + 0{,}027) =$$

$$0{,}31 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}101 = 0{,}03 \cdot 10^{-6}\ (\text{Ом} \cdot \text{м})$$

6.2. Случайные погрешности:

6.2.1. Средняя квадратичная погрешность отдельного измерения

$$S_R = \sqrt{\frac{(R_1 - R_{cp})^2 + (R_2 - R_{cp})^2 + \ldots + (R_N - R_{cp})^2}{N-1}} =$$

$$= \sqrt{\frac{0.0064 + 0{,}0169 + 0{,}0256 + 0{,}0144 + 0{,}0121 + 0{,}0025}{19}} +$$

$$\sqrt{\frac{+0{,}0081 + 0{,}01 + 0{,}0169 + 0{,}04 + 0{,}0064 + 0{,}0324 + 0{,}0289}{19}}$$

$$\sqrt{\frac{+0{,}0121 + 0{,}0225 + 0{,}0529 + 0{,}0144 + 0{,}0036 + 0{,}0121}{19}} =$$

$$= \sqrt{0{,}0178} \approx 0{,}13\ (\text{Ом})$$

6.2.2. Среднее квадратичное отклонение

$$S_{R_{cp}} = \sqrt{\frac{(R_1 - R_{cp})^2 + (R_2 - R_{cp})^2 + \ldots + (R_N - R_{cp})^2}{(N-1)N}} = \frac{S_R}{\sqrt{N}}$$

$$S_{R_{cp}} = \frac{0{,}13}{\sqrt{20}} \approx 0{,}029 \approx 0{,}03\ (\text{Ом})$$

В данной работе проводится измерение неслучайных по своей природе физических величин: электрического сопротивление провода – R и удельного сопротивления нихрома – ρ, поэтому, проверяем неравенства

$$S_R \leq \Theta_R \ ; \ S_{R_{cp}} < \Theta_R .$$

0,13 Ом < 0,16 Ом, т.е. $S_R < \Theta_R$

0,03 Ом < 0,16 Ом, т.е. $S_{R_{cp}} < \Theta_R$.

Получившиеся неравенства говорят о том, что в измерениях, скорее всего, нет грубых ошибок и промахов.

6.3. Полная погрешность

В случае, когда измеряются неслучайные по своей природе физические величины, случайные погрешности уже учтены в систематических. Объединять их в полную погрешность не надо. Полная погрешность равна систематической погрешности.

$\Delta R = \Theta_R = 0,16$ Ом.

$\Delta \rho = \Theta_\rho = 0,03$ Ом.

VII. Выводы:

• Ознакомилась с методикой обработки результатов косвенных измерений
• Электрическое сопротивление провода $R = \quad \pm 0,14$ Ом с вероятностью $P = 95\%$
• Удельное сопротивление нихрома $\rho = (0,31 \pm 0,06) \cdot 10^{-6}$ Ом·м с вероятностью $P = 95\%$
• Экспериментально определённое значение ρ в пределах погрешности совпадает с табличным значением нихрома $\rho_{таб} = 1,05 \cdot 10^{-6}$ Ом·м
• Из проведенных опытов видно, что каждое сопротивление в таблице 4.А,В отличаются от $R_{ср}$ меньше, чем на систематическую погрешность Θ_R. Это обозначает, что электрическое сопротивление не зависит от протекающего тока и от падения напряжения на нём, т.е. справедлив закон Ома.
• Учёт сопротивления амперметра приводит к поправке 0,2 Ом, учёт сопротивления вольтметра приводит к поправке 0,02 Ом. Поскольку результат приходится округлять до десятых долей ома, поправку на сопротивление вольтметра по формуле (3) можно не

делать. Значит, для схемы В электрическое сопротивление можно вычислять по закону Ома без поправок.

* Имеющееся расхождение связано с тем, что провод не изолирован и может быть загрязнён.